



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 46 639 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 04 L 27/38

②1 Aktenzeichen: P 44 46 639.0
②2 Anmeldetag: 24. 12. 94
④3 Offenlegungstag: 4. 7. 96

DE 44 46 639 A 1

⑦1 Anmelder:
Rohde & Schwarz GmbH & Co KG, 81671 München,
DE

⑦4 Vertreter:
Graf, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 81667 München

⑦2 Erfinder:
Eppinger, Bernd, 81735 München, DE

⑤4 Verfahren zur Gewinnung einer Schätzung von Trägerfrequenz und Trägerphase eines nach einem kohärenten mehrstufigen Modulationsverfahren modulierten Funksignals zu dessen Demodulation in einem Empfänger

⑤7 Bei einem Verfahren zur Gewinnung einer Schätzung von Trägerfrequenz und Trägerphase eines nach einem kohärenten mehrstufigen Modulationsverfahren modulierten Funksignals für die Demodulation in einem IQ-Demodulator eines Empfängers, bei dem die zu übertragenden Daten in aufeinanderfolgenden Datenpaketen übertragen werden und jedes Datenpaket eine Synchronisationssequenz, bestehend aus einem Prekey-Abschnitt und einem darauffolgenden Unique-Word-Abschnitt und einen anschließenden Nutzdaten-Abschnitt aufweist, und bei dem für jedes Datenpaket zunächst aus der Datenfolge des Prekey-Abschnittes die Frequenz und Phase des Trägers und anschließend aus der Datenfolge des Unique-Word-Abschnittes der Symboltakt bestimmt wird, wird anschließend an die Bestimmung des Symboltakts eine erneute Schätzung der Frequenz und Phase des Trägers aus dem Empfangssignal der gesamten Synchronisationssequenz, bestehend aus Prekey-Abschnitt und Unique-Word-Abschnitt durchgeführt.

DE 44 46 639 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Beschreibung

Die Erfindung betrifft und geht aus von einem Verfahren laut Oberbegriff des Hauptanspruches.

Zur Demodulation von Funksignalen, die nach einem kohärenten mehrstufigen Amplitudenmodulationsverfahren, beispielsweise nach der bekannten Quadraturamplitudenmodulation mit oder ohne Offset (OQAM oder QAM) moduliert sind (siehe beispielsweise R. Mausle "Digitale Modulationsverfahren", Hüthig-Verlag, S. 230—244), muß im Empfänger die Trägerphase und Trägerfrequenz des die Funksignale ausstrahlenden Senders exakt bekannt sein. Insbesondere bei paketorientierten Verfahren (bei denen die digitalen Daten, die auch kodierte Sprache darstellen können, nicht in kontinuierlichen Datenströmen, sondern in zeitlich aufeinanderfolgenden Datenpaketen übertragen werden, ist die Gewinnung von Trägerphase und Trägerfrequenz schwierig, da hier eine besonders schnelle Synchronisation wünschenswert ist. Weiterhin muß der für die Datenübertragung verwendete Symboltakt bekannt sein.

Zu diesem Zweck ist ein Verfahren laut Oberbegriff des Hauptanspruches bekannt, bei dem zu Beginn des Datenpakets eine aus einem sogenannten Prekey-Abschnitt und einem darauffolgenden sogenannten Unique-Word-Abschnitt bestehende Synchronisationssequenz übertragen wird, wie dies in der Figur gezeigt ist. Der Prekey-Abschnitt besteht dabei beispielsweise aus 21 Schritten einer Symbolfolge $(1 + j)$, was näherungsweise einer gesendeten unmodulierten Sinusschwingung mit 45° -Phasenlage entspricht. Im Empfänger entsteht nach Umsetzung ins Basisband eine entsprechende komplexe Exponentialschwingung, aus der die Trägerphase, Trägerfrequenz und Trägeramplitude bestimmbar ist. Der anschließende Unique-Word-Abschnitt besteht beispielsweise aus 24 Schritten und hat eine vorbestimmte Datenfolge, deren Quadraturkomponenten beispielsweise gleich gewählt sind. Im Empfänger wird daraus der Zeitpunkt des ersten Datensymbols des anschließenden Nutzdaten-Abschnittes beliebiger Länge ermittelt. Während der Nutzdatenauswertung wird die Trägerphase und der Symboltakt im Empfänger durch geeignete Nachführverfahren nachgeregelt. Ein Verfahren dieser Art zum Schätzen der Trägerfrequenz und Trägerphase aus dem Prekey-Abschnitt und der anschließenden Symboltaktschätzung aus dem Unique-Word-Abschnitt ist bekannt (ARINC, Aeronautical Radio Inc., Draft 3 of Project Paper 750, Maryland 1992).

Die mit dem bekannten Verfahren erreichbare Trägerschätzung ist jedoch bei verrauschten Eingangssignalen so ungenau, daß sie die eigentlich geringe Bitfehler rate der QAM- oder OQAM-Verfahren signifikant verschlechtert.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren dieser Art bezüglich Genauigkeit der Trägerschätzung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren laut Oberbegriff des Hauptanspruches durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen insbesondere auch bezüglich eines speziell für kohärente Modulationsverfahren mit gegeneinander zeitversetzten Quadraturkomponenten geeigneten Unique-Word-Abschnittes ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird für die Schätzung der Frequenz, Phase und Amplitude des Trägers im Empfänger nicht nur der Prekey-Abschnitt des

Datenpakets, sondern gleichzeitig auch der Unique-Word-Abschnitt ausgenutzt. Damit wird für die Trägerschätzung ein doppelt so langes Intervall wie bisher benutzt und damit nimmt auch die Empfindlichkeit der Schätzgenauigkeit gegen Rauschen ab. Durch die zusätzliche Ausnutzung des Unique-Word-Abschnittes für die Trägerschätzung wird bei $S/N = 10$ dB die Standardabweichung der Frequenzschätzung um den Faktor 2,7 verringert, die Standardabweichung der Phase am Beginn der Daten wird um den Faktor 2,6 verbessert.

Da nach der ersten Trägerschätzung aus dem Prekey-Abschnitt und der anschließenden Symboltaktschätzung aus dem Unique-Word-Abschnitt die Phasenlage der gesamten Synchronisationssequenz (Prekey-Abschnitt und Unique-Word-Abschnitt) zu jedem Zeitpunkt bekannt ist, können die Phasendrehungen im Unique-Word-Abschnitt aufgehoben werden. Dazu wird im empfangenen Signal der Zeitabschnitt, der der Synchronisationssequenz entspricht, mit dem konjugiert komplexen Signal einer im Empfänger gespeicherten Referenz-Synchronisationssequenz multipliziert, die bei der Entwicklung des Empfängers meßtechnisch oder durch Rechnung bestimmt wird. Nach dieser Rückdrehung bleibt im Idealfall eine amplitudenmodulierte Exponentialschwingung übrig, die nach dem bekannten Trägerschätzverfahren, wie es bisher für den Prekey-Abschnitt bekannt ist (beispielsweise nach ARINC 750) für eine genauere Schätzung des Trägers ausgenutzt wird.

Für die meisten kohärenten mehrstufigen Modulationsverfahren kann ein bisher üblicher Unique-Word-Abschnitt benutzt werden, bei dem die Datenfolge in den Inphase (I)- und Quadratur (Q)-Komponenten gleich ist (beispielsweise nach ARINC 750). Für Modulationsverfahren mit gegeneinander zeitversetzten I- und Q-Komponenten (z. B. 4 oder 16 OQAM) hat es sich jedoch als vorteilhaft erwiesen, hierfür eine spezielle Datenfolge im Unique-Word-Abschnitt vorzusehen, um zu vermeiden, daß ein Fehler bei der ersten Trägerschätzung einen zusätzlichen Fehler bei Symboltaktschätzung bewirkt. Dazu werden die Datenfolgen in den Quadraturkomponenten I und Q des Unique-Word-Abschnittes gemäß Unteranspruch 3 unterschiedlich gewählt. Für kleine Phasenwinkel kann so die Abhängigkeit der Symboltaktschätzung von der Trägerschätzung aufgehoben werden, indem eine durch Phasenfehler erzeugte Verschiebung des Schwerpunktes der übertragenen Symbole um eine bestimmte Zeit in der einen Richtung durch eine entsprechende Verschiebung eines Teilabschnittes der übertragenen Symbole in der anderen Richtung kompensiert wird. Läuft die Q-Komponente der I-Komponente um eine halbe Symbolzeit nach, dann wird durch einen bestimmten Phasenfehler beispielsweise der Schwerpunkt jedes übertragenen Symbols um eine bestimmte Zeit nach rechts verschoben. Eilt dagegen die Q-Komponente um eine halbe Symbolzeit voraus, dann bewirkt derselbe Phasenfehler eine Schwerpunktverschiebung um dieselbe Zeit nach links. Wenn nun dafür gesorgt wird, daß für die eine Hälfte des Unique-Word-Abschnittes die Q-Komponente nachläuft während sie in der anderen Hälfte voreilt, dann ist die Wirkung eines Phasenfehlers nicht mehr die Verschiebung des ganzen Wortes in einer Richtung, sondern die beiden Hälften werden gegeneinander verschoben. Wenn die Position der Trennstelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilabschnitten entsprechend passend gewählt wird, heben sich bei der Korrelation die beiden Wirkungen auf. Zur Erzeugung einer

Trennstelle ab welcher die Q-Komponente vorausseilt, wird ein Unique-Word-Abschnitt gewählt, dessen I-Komponente sich von der Q-Komponente unterscheidet. Dabei wird zuerst ein Teilabschnitt erzeugt, dessen I- und Q-Komponenten gleich sind. Nach der Offset-QAM-Modulation läuft dann die Q-Komponente der I-Komponente nach. Anschließend wird an der beabsichtigten Trennstelle ein Symbol nur in der Q-Komponente entfernt (oder ein Symbol in die I-Komponente eingefügt). Nach der Modulation läuft jetzt die Q-Komponente voraus. Soll die Q-Komponente wieder nachlaufen, wird ein Symbol in der I-Komponente entfernt (oder in die Q-Komponente eingefügt). Auf diese Weise können die erwähnten Phasenfehler beseitigt werden.

Durch geeigneten Einbau von zwei oder mehr Trennstellen kann außerdem dafür gesorgt werden, daß nicht nur Phasenfehler, sondern auch Frequenzfehler im Mittel keine Verschiebung des Unique-Word-Abschnittes bewirken. Dazu werden beispielsweise zwei Trennstellen so gelegt, daß im ersten und letzten Viertel des Unique-Word-Abschnittes die I-Komponente um 1/2 Schritt gegenüber der Q-Komponente vorausseilt, dazwischen läuft sie um dieselbe Zeit nach. Eine Phasendrehung um einen positiven Winkel bewirkt, daß das erste und letzte Viertel des Unique-Word-Abschnittes nach links verschoben erscheint, der Rest nach Rechts. Ein auf diese Weise mit zwei Trennstellen konstruiertes Unique-Word ist nicht nur gegen Phasenfehler, sondern auch gegen Frequenzfehler unempfindlich, denn ein Frequenzfehler ist ein linear mit der Zeit zunehmender Phasenfehler.

dratur-Komponente im Unique-Word-Abschnitt unterschiedlich gewählt sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenfolge des Unique-Word-Abschnitts in mindestens zwei aufeinanderfolgende Teilabschnitte unterteilt ist, so daß im gesendeten Signal in einigen Abschnitten die I-Komponente der Q-Komponente vorausseilt und in anderen Abschnitten nachläuft.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung einer Schätzung von Trägerfrequenz und Trägerphase eines nach einem kohärenten mehrstufigen Modulationsverfahren modulierten Funksignals für die Demodulation in einem IQ-Demodulator eines Empfängers, bei dem die zu übertragenden Daten in aufeinanderfolgenden Datenpaketen übertragen werden und jedes Datenpaket eine Synchronisationssequenz bestehend aus einem Prekey-Abschnitt und einem darauffolgenden Unique-Word-Abschnitt und einen anschließenden Nutzdaten-Abschnitt aufweist und bei dem für jedes Datenpaket zunächst aus der Datenfolge des Prekey-Abschnittes die Frequenz und Phase des Trägers und anschließend aus der Datenfolge des Unique-Word-Abschnittes der Symboltakt und damit der Beginn des Nutzdaten-Abschnittes bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß anschließend an die Bestimmung des Symboltakts eine erneute Schätzung der Frequenz und Phase des Trägers aus dem Empfangssignal der gesamten Synchronisationssequenz bestehend aus Prekey-Abschnitt und Unique-Word-Abschnitt durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der erneuten Trägerschätzung mindestens der Unique-Word-Abschnitt mit dem konjugiert komplexen Signal einer im Empfänger gespeicherten Referenz-Synchronisationssequenz multipliziert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 für ein nach einem kohärenten Modulationsverfahren mit gegeneinander zeitversetzten Quadraturkomponenten modulierten Funksignal, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenfolgen von Inphase- und Qua-

Prekey	Unique-Word	Nutzdaten ...
21 Schritte	24 Schritte	beliebige Länge